

## KAJIAN AWAL TERHADAP KEMAMPUAN RUANG PELAJAR-PELAJAR PENGAJIAN KEJURUTERAAN DI SEKOLAH-SEKOLAH MENENGAH TEKNIK

*Mohd Safarin Nordin, <sup>1</sup>Muhammad Sukri Saud*

Fakulti Pendidikan  
Universiti Teknologi Malaysia, Malaysia  
81350 Skudai, Johor  
p-safarin@utm.my  
<sup>1</sup>p-sukri@utm.my

### ABSTRAK

Tugas menyediakan sesebuah lukisan memerlukan seseorang jurutera atau pelukis kejuruteraan memulakan kerja-kerja melukis dengan membentuk imej-imej mental sesuatu binaan terlebih dahulu. Justeru itu, mata pelajaran-mata pelajaran grafik kejuruteraan seperti Lukisan Kejuruteraan (LK) memerlukan seseorang pelajar menguasai kebolehan membina gambaran mental dan berimajinasi atau mempunyai kebolehan gambaran ruang. Dalam bahagian pertama kertas kerja ini, penulis akan menghuraikan secara ringkas usaha yang sedang dilakukan dalam membangunkan kaedah pengajaran dalam LK khusus untuk membantu meningkatkan keupayaan pelajar dalam menggambar dan melukis di samping memperoleh kemahiran-kemahiran pengendalian perisian CAD untuk melukis. Kaedah pengajaran tersebut adalah berbentuk pendekatan serentak yang menggunakan pemodelan bongkah 3-dimensi sebagai medium pengajaran dalam mata pelajaran LK. Pendekatan pengajaran yang diperkenalkan penulis dibangunkan khusus untuk pendidikan kejuruteraan dan digunakan sebagai asas kepada kajian penilaian berkaitan dengan keberkesannya dalam mempertingkatkan kemahiran visualisasi pelajar-pelajar. Sumbangan utamanya adalah menghasilkan deskriptif pengajaran LK seperti pemilihan topik-topik LK yang sesuai, rancangan pengajaran, manual/modul pengajaran guru, aktiviti pembelajaran dan pengalaman praktikal dalam menggunakan pendekatan pengajaran serentak untuk dilaksanakan dalam situasi sebenar pengajaran LK ke atas pelajar-pelajar sekolah menengah teknik. Namun begitu, tujuan kajian awalan ini adalah untuk menentukan sejauh mana penguasaan kebolehan ruang di kalangan pelajar-pelajar pengajian kejuruteraan di sekolah menengah teknik dengan menggunakan 5 ujian ruang piawai yang kerap digunakan dan satu ujian ruang yang dibangunkan sendiri oleh penulis. Sampel kajian melibatkan 39 orang (26 lelaki, 13 perempuan) pelajar pengajian kejuruteraan dari salah sebuah sekolah menengah teknik di negeri Johor. Instrumen-instrumen yang digunakan untuk mengumpul data kajian adalah terdiri daripada ujian-ujian piawai versi ringkas dan temu bual bersama beberapa orang sampel yang dipilih secara rawak. Ujian kebolehan ruang versi ringkas seperti *Minnesota Paper Form Board Test* (MPFBT), *Purdue Spatial Visualization Tests of Rotation* (PSVT:R), *Purdue Spatial Visualization Tests of Developments* (PSVT:D), *Differential Aptitude Tests: Spaces Relations* (DAT:SR), *Mental Cutting Test* (MCT) dan versi penuh Ujian Transformasi Mental 3D kepada 2D (MTT) telah diguna untuk menentukan tahap kebolehan ruang para pelajar. Mana kala temu bual lisan telah dilakukan ke atas beberapa orang pelajar yang cemerlang dan pelajar yang lemah dalam ujian-ujian tersebut bagi menentukan strategi-strategi yang telah mereka gunakan untuk menjawab soalan-soalan ujian ruang berkenaan. Hasil dapatan dari kajian awal yang telah dilaksanakan oleh penulis akan dipersembahkan dengan terperinci dalam kertas kerja ini.

### PENGENALAN

Kebolehan ruang telah dikenal pasti sebagai salah satu kebolehan yang penting dalam kehidupan manusia terutama dalam dunia moden hari ini. Menurut Bertoline (1998) dan Sartain (1946; dalam Frey dan Baird, 2000), kebolehan ruang telah menjadi satu kemahiran yang sangat penting dalam perkembangan perindustrian. Hal ini kerana kebanyakan produk-produk dan alatan teknologi yang muncul di sekeliling manusia pada hari ini bukan bermula dengan geometri, matematik atau fizik, tetapi ianya bermula dari gambaran-gambaran dalam minda orang yang memvisualkannya (Ferguson, 1992). Kelazimannya pereka bentuk, jurutera dan pelukis pelan merupakan orang yang bertanggungjawab menghasilkan gambaran-

gambaran dalam minda mereka ke dalam bentuk grafik atau lukisan untuk disampaikan kepada pembuat atau pengilang.

Berbanding dengan kebolehan lisan, kebolehan ruang mempunyai hubungan yang rapat dengan domain teknikal, vokasional, matematik dan pekerjaan (Koch, 2006; Bertoline dan Wiebe, 2003; Gillespie, 1995). Bidang-bidang teknikal dan vokasional terlibat secara langsung dengan komunikasi grafik melalui aktiviti-aktiviti reka bentuk, penyediaan lukisan kejuruteraan, lukisan teknikal atau pun lukisan geometri. Justeru itu, kebolehan berfikir secara visual dan berkongsi idea-idea visual dengan orang lain adalah penting dalam proses reka bentuk terutama di peringkat awal proses reka bentuk (Newcomer et al., 1999).

Kejayaan dan pencapaian seseorang dalam bidang kejuruteraan dan matematik sering kali dikaitkan dengan kebolehan ruang seseorang berbanding kebolehan lisan atau kepintaran (McGee, 1979). Menurut Rhoades (1981), kebolehan seseorang mencipta imej mental bagi sesuatu objek dan kemudian memanipulasikannya secara mental adalah contoh bagaimana kebolehan ruang diaplikasikan secara praktikal dan bermakna dalam bidang-bidang seperti matematik, fizik, seni bina, kejuruteraan dan reka bentuk. Jurutera, pereka bentuk pembantu teknik dan juruteknik kejuruteraan berkomunikasi antara satu sama lain lebih banyak menggunakan bahasa grafik seperti lukisan kerja berbanding bahasa lisan (Mohd Safarin dan Muhammad Sukri, 2006) kerana idea-idea abstrak seperti saiz, bentuk, tekstur, poin, garis lurus dan lokasi sesuatu objek dalam ruang sukar disampaikan secara lisan. Justeru itu, Ferguson (1992) mencadangkan agar individu yang terlibat dengan bidang kejuruteraan mestilah dilatih dalam kerja-kerja melukis bagi membolehkannya memahami bahasa grafik dengan lebih berkesan.

Kebolehan ruang juga merupakan antara kemahiran yang sangat penting dalam mata pelajaran-mata pelajaran berkaitan kejuruteraan seperti lukisan kejuruteraan (Leopold et al., 2001), kejuruteraan awam (Alias et al., 2002) dan reka bentuk berbantu komputer (Sorby, 1999a). Bidang kejuruteraan memerlukan seseorang jurutera yang berupaya menghasilkan idea-idea baru dan seterusnya mempersembahkannya kepada orang lain melalui komunikasi grafik seperti lukisan kejuruteraan. Oleh itu pelajar-pelajar yang mengikuti bidang kejuruteraan perlu didedahkan dan dilengkapi dengan pengetahuan berkaitan khususnya dalam mata pelajaran LK agar kebolehan ruang mereka terus berkembang.

#### **APAKAH ITU KEBOLEHAN RUANG?**

Istilah kebolehan ruang sering kali digunakan bersilih ganti dengan kemahiran visualisasi dan ditakrifkan dengan pelbagai takrifan. Kebanyakan mereka mentakrif dan mengaitkannya dalam konteks proses yang berlaku dalam minda manusia tentang penggunaan ruang. Bertoline (1998) umpamanya mentakrifkan kebolehan ruang sebagai kebolehan seseorang untuk membina, memanipulasi dan mentafsirkan imej-imej yang terbentuk dalam minda. Beliau telah mengklasifikasikan kebolehan ini sebagai sebahagian daripada kognisi ruang iaitu suatu proses mental yang digunakan untuk melihat, menyimpan, mengingat, menghasilkan, menyunting dan menyampaikan imej-imej ruang. Kognisi ruang juga meliputi hubungan-hubungan ruang, urutan, pengkelasan, penjelmaan dan putaran, serta keseluruhan hubungan setiap bahagian sesuatu objek atau perkara. Oleh itu beliau berpendapat pengimejan mental bukanlah teras kepada proses kognitif tetapi lebih merupakan sebagai medium atau model untuk berfikir. Sementara itu, McGee (1979) dan Koch (2006) mentakrifkan kebolehan ruang sebagai kebolehan manusia dalam memanipulasi, memutar atau memulas secara mental ataupun menterbalikkan secara bergambar sesuatu rangsangan visual yang diperlihatkan. Termasuk dalam kebolehan ini adalah kebolehan seseorang dalam mengecam, mengekalkan dan mengingat kembali rangsangan tersebut. Takrifan-takrifan di atas menunjukkan bahawa kebolehan seseorang membentuk imej mental akan hadir sekiranya rangsangan dalam bentuk gambar atau peristiwa diberikan.

Rodriguez (1995) menyatakan bahawa kebolehan ruang merujuk kepada pemikiran visual dan proses pemodelan rekabentuk yang melibatkan pencerapan, daya imaginasi dan komunikasi seseorang. Beliau percaya bahawa apabila kita menggunakan proses komunikasi sebegini, kita akan dapat melihat atau mengetahui, membayangkan atau menggambar, dan melukis atau membuat model bagi sesuatu objek ruang. Pengertian tersebut bertepatan dengan model pemikiran visual yang diutarakan oleh McKim (1980) iaitu pengimejan interaktif

berlaku apabila berlaku pertindanan antara penglihatan, lukisan dan imaginasi. Justeru kemahiran kebolehan ruang atau kemahiran visualisasi menurut Isham (1997) ditakrifkan sebagai kebolehan-kebolehan seseorang mencipta, memanipulasi dan kemudiannya berkomunikasi secara lisan dan/atau grafik sesuatu imej mental yang ada dalam fikirannya. Dari takrifan tersebut, jelaslah bahawa kebolehan ruang bukan sahaja digambarkan sebagai kebolehan seseorang membina atau memanipulasi imej mentalnya, tetapi juga kebolehan menyampaikan apa yang tergambar dalam mata mindanya kepada orang lain sama ada melalui percakapan dan perkataan mahupun menggunakan gambar, lukisan, ilustrasi dan rajah.

Dalam bidang kejuruteraan, kebolehan-kebolehan seseorang memutar, mentransformasi (Sorby et al., 2005; Mack 1994), melipat dan membentangi (Olkun, 2003), serta memotong objek secara mental (Field, 1999) merupakan sebahagian daripada kebolehan ruang. Kebolehan-kebolehan tersebut bukanlah mudah untuk dikuasai terutama yang melibatkan pemikiran terhadap sesuatu objek yang belum pernah dilihat di hadapan mata apatah lagi bagi sesuatu yang masih belum wujud secara fizikalnya. Justeru Godfery (1999) percaya bahawa kebolehan ruang sebagai sesuatu kemahiran kognitif peringkat tertinggi yang memerlukan ketajaman mata minda iaitu penggunaan hemisfera kanan otak manusia dalam memikirkan masalah-masalah ruang.

Miller dan Bertoline (1991) mendapati kajian yang menunjukkan manusia tidak lahir dengan kebolehan visualisasi ruang. Oleh itu mereka berpendapat seseorang yang tidak terdedah kepada persekitaran pembelajaran yang menggalakkan visualisasi ruang tidak akan mempunyai kebolehan-kebolehan ruang. Namun demikian, kebolehan ruang dari sudut psikologi pendidikan difahami sebagai suatu kebolehan semula jadi seseorang dalam menggambarkan sesuatu walaupun tanpa melalui atau mengikuti latihan formal yang ada hubung kait dengan kebolehan ruang (Sorby, 1999b). Dalam erti kata lain, semua manusia mempunyai kebolehan ini sejak mereka dilahirkan. Namun begitu, tahap kebolehan ruang antara seseorang dengan orang yang lain mungkin berbeza-beza sebagaimana kebolehan-kebolehan lain.

#### **BAGAIMANA MEMBANGUNKAN KEMAHIRAN RUANG MELALUI P&P?**

Kemahiran ruang sebagaimana yang dinyatakan sebelum ini adalah satu kemahiran semula jadi seseorang manusia sejak dilahirkan dan akan berkembang mengikut peningkatan usianya. Berdasarkan teori pengonsepan ruang kanak-kanak (Piaget dan Inhelder, 1971), kebolehan ruang seseorang individu dikatakan akan berkembang melalui tiga peringkat perkembangan iaitu bermula dengan peringkat topologikal, diikuti dengan peringkat projektiif dan seterusnya ke peringkat peralihan projektiif-Euclidean. Setiap peringkat perkembangan tersebut berada dalam kategori umur tertentu seperti peringkat topologikal lazimnya ketika seseorang itu berusia antara 3 dan 5 tahun. Namun begitu, kebolehan-kebolehan yang melibatkan perkembangan mental seseorang individu tidak akan berkembang begitu sahaja, sebaliknya ia perlu dipupuk dan diasah bagi memastikan kebolehan mereka memanipulasi dan menggambar objek ruang terus meningkat. Berdasarkan kajian literatur, terdapat empat kaedah utama yang telah digunakan dan diuji keberkesanannya dalam usaha meningkatkan kebolehan ruang pelajar khususnya bagi mata pelajaran lukisan kejuruteraan. Kaedah-kaedah yang dimaksudkan adalah kaedah tradisional, konvensional, berbantu komputer dan integrasi konvensional- komputer.

Kaedah tradisional lebih menitikberatkan penggunaan peralatan asas melukis iaitu pensil dan kertas. *Chalk and talks* merupakan pendekatan pengajaran yang lazim diamalkan oleh guru dalam kaedah tradisional. Selanjutnya pelajar-pelajar dilatih membina bentuk-bentuk geometri, mengendalikan peralatan melukis dan pemahaman konvensi piawai lukisan kejuruteraan melalui aktiviti melukis secara lukisan tangan dan geometri. Termasuk juga dalam kaedah ini adalah teknik lakaran iaitu teknik melukis secara bebas dan lukisan tangan (Alias et al., 2002). Sebelum ini, guru beranggapan kebolehan ruang pelajar akan berkembang dengan cara tidak langsung selepas mengikuti pengajaran yang menggunakan kaedah tradisional ini (Contero et al., 2005). Di samping itu, objektif pembelajaran khusus yang memberikan penekanan terhadap mempertingkatkan kebolehan ruang tidak dinyatakan secara jelas dalam mana-mana mata pelajaran atau kursus yang berlandaskan kepada kaedah tradisional. Namun begitu, terdapat kajian yang mendapati kaedah ini memberi kesan

positif terhadap kebolehan ruang para pelajar apabila diaplikasikan dalam pengajaran mata pelajaran lukisan teknikal (Adanez dan Velasco, 2004).

Sementara itu, penggunaan alat bantuan pengajaran atau teknik pengajaran selain teknik melukis lukisan teknikal diperkenalkan dalam kaedah konvensional. Antara pendekatan atau teknik pengajaran yang boleh diklasifikasikan dalam kaedah ini adalah penggunaan model-model sebenar (Miller, 1992; Higginbotham, 1993), penggunaan blok-blok berbentuk kiub (Olkun, 2003), model bongkah dari *foamcore* (Field, 1999) dan teknik kod bersymbol (Goss, 1997). Penggunaan model-model sebenar dan bongkah *foamcore* didapati membantu memperkembangkan kebolehan ruang pelajar melalui pengalaman P&P secara konkrit khususnya terhadap bentuk-bentuk objek yang kompleks. Pelajar-pelajar didedahkan kepada objek-objek sebenar dalam persekitaran 3-dimensi semasa proses P&P berlangsung dalam bilik darjah. Namun begitu model-model tersebut memerlukan guru memperuntukkan masa yang panjang dan kos tertentu untuk menyediakannya. Begitu juga penggunaan blok-blok kiub kayu yang didapati membantu perkembangan kebolehan ruang pelajar melalui pengalaman konkrit dalam bilik darjah. Pelajar-pelajar yang melalui kaedah ini dikehendaki membina beberapa bentuk objek dengan menyusun blok kiub kayu yang diberikan. Mana kala teknik kod bersymbol yang menyediakan pelajar dengan pengalaman pembelajaran bukan visual bagi mata pelajaran visual juga mampu membantu mempertingkatkan kebolehan ruang pelajar. Teknik ini melatih pelajar mengekod sesuatu struktur mudah berbentuk rajah dasar bernombor bagi menggambarkan bentuk 3-dimensi struktur tersebut. Namun teknik ini lebih sesuai digunakan untuk pengajaran geometri khususnya dalam mata pelajaran matematik.

Kebolehan ruang seseorang juga boleh berkembang dan dipertingkatkan melalui kaedah berbantu komputer. Kaedah ini menggunakan komputer dan perisian tertentu sebagai media pengajaran dan pembelajaran. Justeru itu kaedah sebegini boleh dilaksanakan sama ada melalui pengajaran langsung guru dalam bilik darjah atau pun secara modul pembelajaran sendiri individu pelajar. Beberapa pendekatan pengajaran dan pembelajaran dalam kategori kaedah berbantu komputer ini adalah seperti pemodelan bongkah (Godfrey, 1999; Sorby, 1999a), pemodelan berparameter (Mathur, 2001; Vasquez et al., 2001; Gorska, 2005), pemodelan komputer 3-dimensi (Wiebe, 1993; Richards, 1995), animasi berkomputer (Abdul Hadi et al., 2005), koswer pembelajaran (Gerson et al., 2001), virtual realiti, internet, Web atau atas talian (Ross dan Aukstakalnis, 1993; Yokosawa dan Sueoka, 2000; Crown, 2001; Keller et al., 2002; Kwon et al., 2002) dan prototaip pantas (Frey dan Baird, 2000). Kajian-kajian lepas telah mendapati pendekatan-pendekatan tersebut telah menyumbang kepada peningkatan kebolehan ruang para pelajar yang mengikutinya. Penggunaan komputer dan perisian yang berkenaan memberikan peluang secara langsung kepada pelajar terhadap pengalaman visual dan dalam masa yang sama menarik perhatian mereka terhadap pelajaran. Namun begitu, kajian-kajian terdahulu mendapati pendekatan pengajaran yang menggunakan pemodelan bongkah, pemodelan komputer 3-dimensi dan parameter adalah konsisten dari segi keberkesannya terhadap kebolehan ruang pelajar berbanding pendekatan-pendekatan lain. Keberkesannya mungkin disebabkan model bongkah dan paparan 3-dimensi kelihatan seperti objek konkrit yang memudahkan pelajar menggambar dan mengingat kembali imej mental yang serupa. Mengikut teori pembelajaran Gagne (1985), proses pengkodan maklumat berbentuk imej-imej terperinci dan gambar-gambar membantu mengekalkan daya ingatan seseorang terhadap maklumat tersebut untuk tempoh yang panjang.

Kajian-kajian terkini menunjukkan kecenderungan penyelidik-penyelidik memperkenalkan dan menguji kaedah integrasi konvensional-komputer dalam P&P bagi memperkembangkan kebolehan ruang pelajar. Kaedah ini dijalankan sama ada dalam mode berurutan (Boersma et al., 2004; Sorby, 2005) atau pun mode serentak (Contero et al., 2005; Pop-Iliev dan Nokleby, 2005). Mode berurutan dilaksanakan bersilih ganti antara kaedah konvensional dan berbantu komputer. Umpamanya, para pelajar mempelajari konsep dan prinsip-prinsip unjuran dalam mata pelajaran LK dalam tahun pertama pengajian dan mempelajari pemodelan 3-dimensi pada tahun pengajian berikutnya (Zuo et al., 2003). Apabila pelajar-pelajar mula mempelajari pemodelan 3-dimensi, pemahaman mereka terhadap konsep asas lukisan akan lebih kukuh dan dalam masa yang sama mereka akan belajar membina imej-imej mental sesuatu objek ruang. Cara sebegini membolehkan pelajar membentuk ingatan jangka panjang dan ingatan

kerja dari sesuatu maklumat visual dalam usaha mempertingkatkan kebolehan ruang mereka. Sementara itu dalam mode serentak, konsep-konsep asas kejuruteraan dihubungkan dengan konsep-konsep berkaitan dalam bidang lain seperti CAD. Mode ini memberikan pelajar pengalaman pembelajaran unggul yang berasaskan projek agar mereka lebih memahami gambaran keseluruhan sesuatu yang dipelajari (Pop-Iliev dan Nokleby, 2005).

### **PEMODELAN BONGKAH 3-DIMENSI**

Program pemodelan geometri yang popular dan sering digunakan dalam kebanyakan kursus reka bentuk kejuruteraan dan lukisan kejuruteraan berbantu komputer sama ada di universiti, politeknik-politeknik mahu pun di sekolah-sekolah teknik adalah perisian AutoCAD. Perisian ini boleh digunakan untuk kerja-kerja melukis seperti membina lukisan geometri 2-dimensi, pemodelan kerangka dawai, pemodelan permukaan dan pemodelan bongkah 3-dimensi. Namun dalam konteks sekolah dan kurikulum mata pelajaran lukisan kejuruteraan serta pengajian kejuruteraan mekanikal, hanya aplikasi lukisan geometri 2-dimensi sahaja yang didedahkan kepada pelajar di samping aspek kendalian perisian AutoCAD itu sendiri. Sementara aplikasi-aplikasi lain khususnya pemodelan 3-dimensi tidak termasuk dalam kurikulum serta dalam unit-unit pengajaran di sekolah.

Pemodelan bongkah 3-dimensi merupakan satu cara penghasilan, paparan dan *render* sesuatu objek bongkah dalam persekitaran 3-dimensi. Objek bongkah mempersembahkan sesuatu objek sebagai suatu bongkah yang mempunyai isi padu penuh di dalamnya. Bongkah-bongkah yang dihasilkan melalui cara ini memberikan maklumat bergambar yang lengkap dan jelas tentang sesuatu objek 3-dimensi yang dibina berbanding lain-lain pemodelan 3-dimensi. Pemodelan bongkah 3-dimensi dalam aplikasi AutoCAD berkeupayaan membina bongkah-bongkah 3-dimensi berbentuk mudah hinggalah kepada bongkah-bongkah berbentuk yang lebih rumit. Bentuk-bentuk bongkah mudah boleh dibina menggunakan pemodelan ini adalah seperti kotak, baji, silinder, kon, sfera, torus dan piramid. Bentuk-bentuk tersebut dibina berasaskan kepada nama umum bongkah tersebut dan diikuti dengan parameter-parameter tertentu seperti panjang, lebar, tinggi, diameter atau jejari yang mewakili saiz sesuatu bongkah. Sementara itu, pemodelan bongkah 3-dimensi AutoCAD juga berkeupayaan untuk menghasilkan bongkah-bongkah yang kompleks dengan menggunakan beberapa arahan pembinaan, penyuntingan dan paparan yang khusus.

Penggunaan pemodelan bongkah 3-dimensi dalam kerja-kerja melukis mempunyai beberapa kelebihan antaranya adalah mempercepatkan, memudahkan kerja-kerja melukis dan penyuntingan boleh dilakukan pada bila-bila masa. Penggunaan pemodelan bongkah 3-dimensi akan membolehkan seseorang pelukis menyediakan lukisan unjuran ortografik secara automatik tanpa perlu melukis semula lukisan ortografik yang mewakili model bongkah (Batchelor dan Wiebe, 1995). Dengan sistem pemodelan bongkah 3-dimensi juga memudahkan sebarang lukisan unjuran aksonometri atau perspektif dilukis. Namun begitu, penggunaan pemodelan ini memerlukan kemahiran pengguna memilih unjuran yang sesuai di mana dapat mempersembahkan maklumat bergambar dengan jelas. Pemilihan unjuran-unjuran ini dengan penggunaan pemodelan bongkah 3-dimensi akan berdasarkan kepada ciri-ciri geometri sesuatu objek itu dan tidak lagi bergantung kepada konvensi atau kebolehasilannya semata-mata.

Sementara itu, penggunaan pemodelan bongkah 3-dimensi dalam P&P mata pelajaran LK akan memberikan pelajar pengalaman visual terhadap sesuatu gambaran objek yang dibina dan seakan-akan menyerupai objek sebenar. Maka, pelajar akan lebih mudah dan cepat menggambarkan imej mental melalui penggunaan pemodelan bongkah 3-dimensi (Gorska, 2005).

### **PENDEKATAN SERENTAK DALAM PENGAJARAN LK: GAMBARAN KESELURUHAN**

Persembahan reka bentuk merupakan salah satu cabang dalam disiplin grafik kejuruteraan. Secara tradisinya, persembahan reka bentuk dihasilkan dalam bentuk lukisan kejuruteraan dan digunakan untuk menyampaikan data atau idea seseorang pereka untuk di analisa dan untuk tujuan menghasilkan produk industri (Mohd Safarin dan Muhammad Sukri, 2006). Namun di penghujung tahun-tahun 80-an, lukisan kejuruteraan khususnya bebentuk lukisan tangan semakin kurang digunakan setelah pemodelan bongkah berkomputer diperkenalkan di industri. Pemodelan ini membolehkan gambaran konsep geometri berkomputer yang

lengkap, jelas dan berketepatan tinggi dihasilkan dengan cepat berbanding lukisan tangan. Akhir-akhir ini pemodelan bongkah telah digunakan sebagai alat reka bentuk dalam pendekatan kejuruteraan serentak bagi maksud mereka bentuk dan menghasilkan produk-produk industri dengan lebih efektif.

Perkembangan yang berlaku dalam reka bentuk kejuruteraan grafik menggambarkan pendekatan kejuruteraan serentak sebagai suatu persekitaran reka bentuk di masa hadapan. Barr, Juricic, Krueger dan Wall (1998) mengilustrasikan konsep pendekatan kejuruteraan serentak sebagai pangkalan data geometri 3-dimensi digital adalah pusat utama untuk digunakan dalam semua peringkat proses reka bentuk. Pendekatan ini membolehkan beberapa tugas-tugas reka bentuk kejuruteraan dilaksanakan pada satu masa yang sama. Umpamanya, proses penghasilan reka bentuk konsep, pemodelan bongkah dan permukaan, analisa reka bentuk, simulasi pembuatan, pemodelan dan pemeriksaan pemasangan dan lukisan serta dokumentasi boleh dilakukan dalam satu masa yang sama. Justeru itu proses mereka bentuk menjadi lebih cepat dan menjimatkan masa untuk proses selanjutnya di loji-loji pembuatan.

Menurut Pop-Iliev dan Nokleby (2005), pendekatan kejuruteraan serentak ditakrifkan sebagai *"pertimbangan yang dibuat di peringkat awal reka bentuk terhadap semua aktiviti-aktiviti aliran yang berkemungkinan mempengaruhi kitaran proses penghasilan sesuatu produk"*. Pendekatan ini memberi penekanan terhadap penyediaan strategi lebih efisien yang dapat menghalang sebarang perkara janggal yang berkaitan dengan proses reka bentuk di peringkat awal dan seterusnya mendapatkan produk berkualiti tinggi untuk pengeluaran sulung. Justeru itu, pemodelan bongkah berkomputer merupakan bahagian penting dalam pendekatan ini bagi menggantikan penggunaan lukisan kejuruteraan secara tangan untuk memudahkan sebarang kesilapan dan kekurangan reka bentuk diperbaiki segera.

Trend yang sama juga berlaku dalam pendidikan kejuruteraan di mana telah berlaku penyisihan penggunaan mesin lukis dan digantikan dengan penggunaan sistem reka bentuk dan lukisan berbantu komputer pada tahun-tahun 1990-an. Seterusnya pada hari ini berubah kepada kurikulum berasaskan kepada penggunaan pemodelan bongkah dalam mempelajari konsep-konsep lukisan kejuruteraan. Sementara itu, pendekatan serentak dalam pendidikan kejuruteraan yang melibatkan penyampaian beberapa kursus atau pelajaran tertentu secara bersepadu juga semakin popular sejak akhir-akhir ini. Smith, Barton, Nowack dan Castro (1996) umpamanya telah berjaya membangunkan kursus reka bentuk kejuruteraan baru berbentuk kejuruteraan serentak di beberapa buah universiti di Amerika Syarikat bagi melaksanakan matlamat pengajaran secara praktikal. Pendekatan tersebut antara lain memfokuskan kepada fungsi makmal-makmal komputer dalam pengajaran konsep-konsep pembangunan produk bagi memberikan pelajar pengalaman secara praktikal dalam kerja-kerja mereka bentuk produk. Sementara itu, Pop-Iliev dan Nokleby (2005) pula telah berjaya mengaplikasikan konsep pendekatan serentak dalam pendidikan kejuruteraan dengan menghubungkan konsep-konsep asas kejuruteraan dalam kursus-kursus kejuruteraan dengan konsep-konsep berkaitan dalam bidang mata pelajaran lain bagi memberikan pengalaman-pengalaman pembelajaran-unggul berbentuk praktikal kepada pelajar-pelajarnya.

Dalam konteks kurikulum kejuruteraan di sekolah-sekolah teknik di Malaysia, pendekatan serentak boleh diaplikasikan dengan jayanya memandangkan bahan dan kemudahan pengajaran yang sedia ada mencukupi. Umpamanya pangkalan data geometri 3-dimensi digital dan dikenali sebagai pemodelan bongkah AutoCAD boleh digunakan sebagai titik mula untuk semua latihan-latihan di makmal atau studio lukisan kejuruteraan iaitu bermula dari pemahaman konsep-konsep asas lukisan kejuruteraan yang melibatkan kebolehan ruang, diikuti kemahiran mengendalikan perisian CAD, dan seterusnya kepada pendokumentasian kejuruteraan atau penghasilan lukisan kejuruteraan. Justeru itu, pemodelan bongkah juga sangat sesuai untuk digunakan sebagai alat melukis, mereka bentuk dan pengajaran konsep-konsep tertentu dalam lukisan kejuruteraan (Petrina, 2003) serta membantu pelajar memperkembangkan kebolehan ruang mereka.

### TUJUAN KAJIAN

Tujuan kajian awalan ini adalah untuk menentukan sejauh mana penguasaan kebolehan ruang di kalangan pelajar-pelajar pengajian kejuruteraan di sekolah menengah teknik. Kajian akan memfokuskan kepada tahap visualisasi dan hubungan ruang seperti menggabung antara bahagian objek 2-dimensi, melipat, membentang, mentransformasi, memutar dan memotong secara mental sedia ada pelajar-pelajar. Perbandingan juga akan dibuat terhadap kebolehan ruang antara pelajar lelaki dan perempuan. Sementara jenis permainan manipulasi ruang juga akan ditentukan bagi memberikan gambaran jenis-jenis permainan yang mungkin menyumbang kepada kebolehan ruang seseorang pelajar.

Kajian ini di reka bentuk dan dibangunkan untuk menjawab persoalan-persoalan kajian berikut:

- i. Apakah tahap-tahap kebolehan ruang pelajar pengajian kejuruteraan dalam enam kategori kebolehan ruang yang dikaji?
- ii. Apakah kebolehan atau kebolehan-kebolehan ruang yang kurang dikuasai (lemah) oleh pelajar pengajian kejuruteraan?
- iii. Adakah terdapat perbezaan kebolehan ruang antara pelajar lelaki dan pelajar perempuan dalam ke enam-enam kategori kebolehan ruang yang dikaji?
- iv. Apakah permainan dan aktiviti berbentuk manipulasi ruang yang kerap dimainkan atau dilakukan oleh pelajar-pelajar kejuruteraan ?

### METODOLOGI KAJIAN

Sejumlah 39 orang pelajar pengajian kejuruteraan dari salah sebuah sekolah Menengah Teknik di negeri Johor telah dilibatkan dalam kajian awal ini yang meliputi 26 pelajar lelaki dan 13 pelajar perempuan. Peserta-peserta kajian adalah salah satu kumpulan dalam populasi kajian lanjut (sebenar) dan telah dipilih secara persampelan bertujuan.

Instrumen kajian ini terdiri daripada enam ujian pencapaian kebolehan ruang dan soal selidik latar belakang peserta. Ujian-ujian kebolehan ruang tersebut terdiri daripada lima ujian piawai dan satu ujian kebolehan ruang yang dibina sendiri oleh pengkaji. Setiap satu ujian kebolehan ruang digunakan untuk mengukur kebolehan ruang yang khusus. Dalam konteks kajian awal ini, ujian-ujian kebolehan ruang yang digunakan adalah *Minnesota Paper Form Board Test* (MPFBT) untuk menguji kebolehan peserta menggabungkan bentuk-bentuk objek 2-dimensi, *Purdue Spatial Visualization Test For Rotation* (PSVT:R) untuk menguji kebolehan memutar secara mental, *Purdue Spatial Visualization Test For Development* (PSVT:D) untuk menguji kebolehan membentang secara mental, *Differential Aptitude Tests: Spaces Relations* (DAT:SR) untuk menguji kebolehan melipat secara mental, *Mental Cutting Test* (MCT) untuk menguji kebolehan memotong secara mental dan Ujian Transformasi Mental 3D kepada 2D (MTT) untuk menguji kebolehan mentransformasi secara mental.

Kekangan masa untuk mengendalikan ujian-ujian kebolehan ruang yang dinyatakan ke atas pelajar-pelajar di sekolah sesuatu yang tidak dapat dielakkan. Oleh itu bagi menghadapinya, pengkaji telah mengurangkan kepada separuh bilangan item soalan bagi tiga ujian kebolehan ruang piawai menjadi versi ringkas dan menggunakan dua ujian kebolehan ruang piawai versi ringkas sedia ada. Pengkaji telah mengurangkan bilangan item ujian dalam ujian piawai asal bagi MPFBT, DAT:SR dan MCT kepada separuh dengan memilih item-item ujian tersebut secara rawak. Justeru itu, bilangan item ujian kebolehan ruang piawai yang terkini dan digunakan oleh pengkaji terdiri daripada 32 item bagi MPFBT, 12 item bagi PSVT:R, 15 item bagi PSVT:D, 25 item bagi DAT:SR dan 13 item bagi MCT. Mana kala ujian kebolehan ruang yang dibina sendiri oleh pengkaji adalah Ujian MTT yang mengandungi 30 item soalan.

Skor pelajar bagi setiap ujian-ujian tersebut adalah berdasarkan kepada bilangan jawapan betul yang berjaya dijawab oleh mereka. Walau bagaimanapun, skor tersebut diubah dalam bentuk peraturan bagi tujuan memudahkan analisa data dan tafsirannya.

Sementara itu, satu soal selidik latar belakang, pengalaman bermain permainan dan melakukan aktiviti berbentuk manipulasi ruang juga telah digunakan dalam kajian awal ini. Soal selidik tersebut diedarkan kepada peserta sebelum ujian-ujian kebolehan ruang

diberikan. Soal selidik tersebut bertujuan untuk mengumpul maklumat tambahan seperti jantina, pengalaman bermain permainan dan aktiviti berbentuk manipulasi ruang para peserta yang terlibat.

#### DAPATAN KAJIAN

Kajian awal ini telah melibatkan seramai 26 (66.7%) pelajar lelaki dan 13 (33.3%) pelajar perempuan dari bidang pengajian kejuruteraan di sekolah Menengah Teknik. Seperti mana yang telah dinyatakan, tujuan kajian awal ini adalah untuk menentukan sejauh mana pelajar-pelajar pengajian kejuruteraan di sekolah menengah teknik menguasai kebolehan ruang dengan menguji mereka terhadap ujian-ujian kebolehan ruang seperti MPFBT, DAT:SR, MCT, PSVT:R, PSVT:D dan MTT. Data yang dikumpulkan dianalisis dalam bentuk frekuensi dan peratusan. Seterusnya tafsiran data tersebut dilakukan berdasar kepada tafsiran aras skor kebolehan ruang oleh Sorby (2006) seperti dalam Jadual 1. Aras skor kebolehan ruang berkenaan pada asasnya mengandungi tiga peringkat iaitu 'atas skor purata', 'sedikit di bawah skor purata' dan 'bawah skor purata'. Namun dalam konteks kajian awal ini, tahap 'atas skor purata' ditafsirkan kepada tahap kebolehan ruang yang 'Cemerlang' untuk markah antara 81 hingga 100 dan 'Baik' untuk markah di antara 61 hingga 80. Sementara itu, peringkat 'sedikit di bawah skor purata' dan 'bawah skor purata' ditafsirkan masing-masing sebagai tahap kebolehan ruang 'Memuaskan' dan 'Lemah'.

**Jadual 1:** Tafsiran Tahap Pencapaian Kebolehan Ruang berdasarkan Skor Markah Kebolehan Ruang

Skor Markah (peratus)	Aras Skor Kebolehan Ruang (Sorby, 2006)	Tahap Penguasaan Kebolehan Ruang
81 – 100	Atas skor purata	Cemerlang
61 – 80		Baik
41 – 60	Sedikit di bawah skor purata	Memuaskan
0 – 40	Bawah skor purata	Lemah

Hasil kajian mendapati secara puratanya pelajar-pelajar pengajian kejuruteraan dalam kajian ini hanya mempunyai tahap penguasaan yang baik dalam satu dari enam kebolehan ruang yang dikaji. Berdasarkan analisis data dalam Jadual 2, didapati hanya dalam ujian MPFBT sahaja skor purata pelajar (65.97 peratus markah) dalam kajian ini berada di atas skor purata. Secara spesifiknya, terdapat lebih daripada 55 % pelajar (Jadual 3) yang mempunyai tahap penguasaan yang baik dan cemerlang dalam menggabungkan bentuk-bentuk objek 2-dimensi secara mental.

**Jadual 2:** Skor Purata pelajar Pengajian Kejuruteraan dalam Ujian-ujian Kebolehan Ruang

Ujian Kebolehan Ruang	Skor Purata (peratus)
MPFBT	65.97
MTT	55.82
PSVT:D	54.87
DAT:SR	49.74
PSVT:R	40.38
MCT	23.36

Berdasarkan Jadual 2, di dapati bahawa skor purata yang dicapai oleh pelajar pengajian kejuruteraan berada di aras sedikit di bawah skor purata dalam ujian MTT, PSVT:D, DAT:SR dan PSVT:R. Secara spesifik dan berdasarkan Jadual 3, di dapati kurang daripada 36 % pelajar mempunyai kebolehan mentransformasi, membentangi, melipat dan memutar secara mental pada tahap yang baik atau cemerlang. Manakala selebihnya berada pada tahap memuaskan dan lemah dalam penguasaan kebolehan-kebolehan ruang berkenaan.

Analisis juga menunjukkan skor purata pelajar dalam ujian MCT hanyalah 23.36 peratus markah iaitu berada di aras bawah skor purata. Mana kala hasil analisis dalam Jadual 3 mendapati, hampir 93 % pelajar pengajian kejuruteraan dalam kajian ini mempunyai tahap



kebolehan ruang yang lemah dalam memotong secara mental berbanding kebolehan-kebolehan ruang yang lain.

**Jadual 3:** Taburan bilangan dan peratusan pelajar mengikut Julat Skor dan berdasarkan Ujian Kebolehan Ruang

Julat Skor	Bilangan Pelajar (%)					
	MPFBT	PSVT:D	DAT:SR	MTT	PSVT:R	MCT
81 - 100	7 (17.9)	2 (5.1)	1 (2.6)	0 (0.0)	1 (2.6)	0 (0.0)
61 – 80	15 (38.5)	9 (23.1)	9 (23.1)	14 (35.9)	4 (10.3)	1 (2.6)
41 – 60	17 (43.6)	18 (46.2)	17 (43.6)	20 (51.3)	16 (41.0)	2 (5.1)
0 - 40	0 (0.0)	10 (25.6)	12 (30.8)	5 (12.8)	18 (46.2)	36 (92.3)

n = 39

Kajian juga mendapati skor purata pelajar lelaki lebih tinggi berbanding pelajar perempuan khususnya dalam ujian DAT:SR, MTT, PSVT:R dan MCT. Manakala, skor purata pelajar perempuan pula lebih tinggi daripada pelajar lelaki dalam ujian MPFBT dan PSVT:D sahaja. Oleh itu, boleh dikatakan bahawa pencapaian pelajar lelaki dalam melipat, mentransformasi, memutar dan memotong secara mental adalah lebih baik daripada pelajar perempuan. Sementara pencapaian pelajar perempuan adalah lebih baik daripada pelajar lelaki dalam menggabung objek-objek 2-dimensi dan membenteng secara mental. Namun demikian, hasil analisis ujian-t sampel tidak bersandar bagi keenam-enam ujian kebolehan ruang mendapati tidak terdapat perbezaan yang signifikan dalam ujian-ujian kebolehan ruang antara pelajar lelaki dan pelajar perempuan pada aras  $p > .05$ . Skor purata dan sisihan piawai merentasi dua kumpulan pelajar (lelaki dan perempuan) adalah seperti yang ditunjukkan dalam Jadual 4 di bawah.

**Jadual 4:** Skor purata dan Sisihan Piawai dalam Ujian-ujian Kebolehan Ruang berdasarkan Jantina Pelajar

Ujian Kebolehan Ruang	Skor Purata (%) / Sisihan Piawai	
	Lelaki	Perempuan
MPFBT	64.19 (13.23)	69.54 (10.92)
MTT	56.42 (13.05)	54.62 (15.69)
PSVT:D	53.27 (16.66)	58.08 (17.50)
DAT:SR	50.46 (18.25)	48.31 (11.94)
PSVT:R	41.96 (20.56)	37.23 (18.19)
MCT	24.46 (13.29)	21.15 (11.34)

n = 39

Hasil kajian menunjukkan terdapat beberapa aktiviti dan permainan berbentuk manipulasi ruang yang sering dilakukan atau dimainkan oleh pelajar-pelajar sama ada sejak dari zaman kanak-kanak hinggalah ke usia remaja mereka. Berdasarkan Jadual 5, didapati permainan berbentuk susunan objek seperti permainan elektronik Tetris dan Puzzle merupakan antara yang kerap dimainkan oleh kebanyakan pelajar (antara 50 hingga 65 % pelajar). Jika dikaitkan dapatan ini dengan tahap penguasaan kebolehan ruang pelajar, tidak hairanlah hasil kajian ini mendapati bahawa pencapaian pelajar dalam ujian MPFBT adalah lebih tinggi daripada ujian-ujian kebolehan ruang yang lain. Dapatan ini menunjukkan bahawa pengalaman bermain permainan berbentuk manipulasi ruang juga mempunyai pengaruh terhadap kebolehan ruang seseorang pelajar. Sementara itu hampir 52 % pelajar kerap melakukan aktiviti membentuk objek secara lipatan kertas iaitu salah satu aktiviti berbentuk manipulasi ruang.

**Jadual 5:** Bilangan dan peratusan pelajar yang kerap bermain dengan permainan dan aktiviti berbentuk manipulasi ruang

Permainan dan aktiviti berbentuk Manipulasi Ruang	Bilangan	%
Bermain permainan elektronik Tetris (susunan blok-blok 2-dimensi)	25	64.1
Bermain Puzzle	20	51.3
Membentuk melalui lipatan kertas	20	51.3
Bermain blok-blok Legos	18	46.1
Membentuk dengan tanah liat	6	15.4
Mengubahsuaikan komponen motosikal	6	15.4
Mengubahsuaikan komponen basikal	5	12.9
Membina struktur binaan melalui kerja pertukangan kayu	4	10.3
Membina struktur binaan kayu seperti dalam aktiviti berpengakap	1	2.6

n = 39

**KESIMPULAN**

Kebolehan ruang seseorang pelajar pengajian kejuruteraan yang mengikuti mata pelajaran Lukisan Kejuruteraan haruslah dikembangkan sejajar dengan matlamat mata pelajaran tersebut. Hasil kajian telah mendapati terdapat beberapa komponen kebolehan ruang yang utama dan masih belum dikuasai oleh pelajar-pelajar pengajian kejuruteraan. Justeru itu, usaha yang sesuai bagi mempertingkatkan kebolehan ruang pelajar khususnya kebolehan memutar dan memotong secara mental harus dilakukan. Umpamanya dengan mempelbagaikan penggunaan kemudahan peralatan P&P seperti komputer dan perisian sedia ada. Dalam konteks mata pelajaran Lukisan Kejuruteraan dan kebolehan ruang, dicadangkan agar pemodelan bongkah 3-dimensi digunakan dalam P&P secara serentak dalam mata pelajaran LK untuk memberikan kefahaman kepada pelajar konsep-konsep lukisan kejuruteraan serta memperluaskan pelajar dengan kemahiran penggunaan teknologi terkini. Jurang perbezaan kebolehan ruang antara pelajar merentas jantina juga seharusnya dikecilkan agar tahap pencapaian pelajar perempuan dapat dipertingkatkan selaras dengan pencapaian pelajar lelaki. Hasil kajian ini juga menunjukkan bahawa kebolehan ruang seseorang pelajar boleh dipertingkatkan jika mereka didedahkan dengan latihan-latihan dan aktiviti-aktiviti manipulasi ruang yang sesuai dan berterusan sama ada secara tidak formal atau pun secara formal khususnya dalam P&P mata pelajaran LK.

**RUJUKAN**

- Abdul Hadi, M. D., Chong, T. S., & Fook, F. S. (2005). *Animasi 3D Digital: Alatan Kognitif bagi Meningkatkan Prestasi Visualisasi Mental dalam Pendidikan untuk Pembangunan Lestari*. Paper presented at the Seminar Pendidikan 2005: Pendidikan untuk Pembangunan Lestari, Hotel Shangri-La Pulau Pinang
- Adanez, G. P., & Velasco, A. D. (2004). Training Visualization Ability by Technical Drawing. *Journal for Geometry and Graphics*, 8(1), 107-115.
- Alias, M., Black, T. R., & Gray, D. E. (2002). Effect of Instruction on Spatial Visualisation Ability in Civil Engineering Students. *International Education Journal*, 3(1).
- Barr, R. E., Juricic, D., Krueger, T. J., & Wall, L. S. (1998). The Freshman Engineering Design Graphics Course at the University of Texas at Austin. *Journal for Geometry and Graphics*, 2(2), 169-179.
- Batchelor, M. R., & Wiebe, E.N. (1995). *Teaching Three-Dimensional Computer Modeling: 2: Past History and Future Plans*. Paper presented at The meeting of the Engineering Design Graphics Division of the American Society for Engineering Education, Mid-Year Meeting, Iowa State University, Ames, IA. U.S.A.
- Bertoline, G. R. (1998). Visual Science: An Emerging Discipline. *Journal for Geometry and Graphics*, 2(2), 181-187.
- Bertoline, G. R., & Wiebe, E. N. (2003). *Technical Graphics Communication* (3 ed.). New York: McGraw-Hill
- Contero, M., Naya, F., Company, P., Saorin, J. L., & Conesa, J. (2005). Improving Visualization Skills in Engineering Education. *IEEE Computer Graphics in Education*, 25(5), 24-31.

- Crown, S. W. (2001). Improving Visualization Skills of Engineering Graphics Students Using Simple JavaScript Web Based Games. *Journal of Engineering Education*, 347-355.
- Ferguson, E. S. (1992). *Engineering and the mind's eye*. London, The MIT Press.
- Field, B. W. (1999). A Course in Spatial Visualization. *Journal for Geometry and Graphics*, 3(2), 201-209.
- Frey, G. and D. Baird (2000). "Does Rapid Prototyping improve student visualization skills." *Journal of Industrial Technology* 16(4): 1-6.
- Gagne, R. M. (1985). *The conditions of learning and theory of instruction* (4 ed.). New York: Hold, Rinehart and Winston.
- Gerson, H. B. P., Sorby, S. A., Wysocki, A., & Baartmans, B. J. (2001). The development and assessment of multimedia software for improving 3-D spatial visualization skills. *Computer Applications in Engineering Education*, 9(2), 105-113.
- Gillespie, W. H. (1995). *Using Solid Modeling Tutorials to Enhance Visualization Skills*. Unpublished Doctoral Dissertation, University of Idaho, Idaho.
- Godfrey, G. S. (1999). *Three-dimensional Visualization Using Solid-Model Methods: A Comparative Study of Engineering and Technology Students*. Unpublished Doctoral dissertation, Northern Illinois University, Dekalb, Illinois.
- Gorska, R. (2005). Spatial Imagination-an Overview of the Longitudinal Research at Carcow University of Technology. *Journal for Geometry and Graphics*, 9(2), 201-208.
- Goss, L. D. (1997). Presentation of Visualization Problems Using an Expanded Coded Plan Technique. *Journal of Geometry and Graphics*, 1(2), 179-184.
- Higginbotham, C. A. (1993). *Evaluation of Spatial Visualization Pedagogy Using Concrete Materials versus Computer-aided Instruction*. Unpublished Master dissertation, Texas Woman University.
- Isham, D. (1997). Developing a Computerized Interactive Visualization Assessment. *Journal JCAEDE*, 3(1), 1-15.
- Keller, B., Wasburn-Moses, J., & Hart, E. (2002). Improving Students' Spatial Visualization Skills and Teachers' Pedagogical Content Knowledge by using On-Line Curriculum-Embedded Applets. from <http://illuminations.nctm.org/downloads/IsoPaperV4.pd>, 1-21.
- Koch, D. S. (2006). *The Effects of Solid Modeling and Visualization On Technical Problem Solving*. Unpublished Dissert, Virginia Polytechnic Institute and State University, Blacksburg
- Kwon, O. N., Kim, S. H., & Kim, Y. (2002). Enhancing Spatial Visualization Through Virtual Reality. *Journal of Computer in Mathematics and Science Teaching*.
- Leopold, C., Gorska, R. A., & Sorby, S. A. (2001). International Experiences in Developing the Spatial Visualization Abilities of Engineering Students. *Journal of Geometry and Graphics*, 5(1), 89-91.
- Mack, W. E. (1994). The Effect of Training in Computer-Aided Design on the Spatial Visualization Ability of Selected Gifted Adolescents. *Journal of Industrial Teacher Education*, 31(2), 28-43.
- Mathur, D. (2001). *Adapting CAD and Visualization Skills Learned Through AutoCAD to an Industrial Apparel Design System*. Unpublished Master Thesis, University of Manitoba, Winnipeg, Manitoba.
- McGee, M. G. (1979). Human Spatial Abilities: Psychometric Studies and Environmental, Genetic, Hormon, and Neurological Influences. *Psychological Bulletin*, 86(5), 889-918.
- McKim, R. H. (1980). *Experiences in Visual Thinking* (2 ed.). Monterey, California: Brooks/Cole.
- Miller, C. L., dan Bertoline, G. R. (1991). Spatial visualization research and theories: Their importance in the development of an engineering and technical design graphics curriculum model. *Engineering Design Graphics Journal*, 55(3), 5-14.
- Miller, C. A. (1992). Enhancing Visual Literacy of Engineering Students Through the Use of Real and Computer Generated Models. *Engineering Design Graphics Journal*, 56(1), 27-38.
- Mohd Safarin Nordin, & Muhammad Sukri Saud. (2006). *Kemahiran Visualisasi: Kemahiran Kognitif Tahap Tinggi Dalam Pendidikan Teknik dan Vokasional*. Paper presented at the Seminar Kebangsaan Pendidikan Teknik dan Vokasional 2006, Senai, Johor.

- Newcomer, J. L., Raudebugh, R. A., McKell, E. K., & Kelly, D. S. (1999, 10-12 November). *Visualization, Freehand Drawing, Solid Modeling, and Design in Introductory Engineering Graphics*. Paper presented at the 29th ASEE/IEEE Frontiers in Education Conference, San Juan, Puerto Rico.
- Olkun, S. (2003). Making Connections: Improving Spatial Abilities with Engineering Drawings Activities. *International Journal of Mathematics Teaching and Learning*, 1-10.
- Petrina, S. (2003). Two Cultures of Technical Courses and Discourses: The Case of Computer Aided Design. *International Journal of Technology and Design Education* 13, 47-73.
- Piaget, J., & Inhelder, B. (1971). *The Child's Conception of Space* (F. J. Langdon & J. L. Lunzer, Trans. 4 ed.). London: Routledge and Kegan Paul.
- Pop-Iliev, R., & Nokleby, S.B. (2005). *Concurrent Approach to Teaching Concurrent Design Engineering*. Paper presented at the 2nd CDEN International Conference on Design Education, Innovation, and Practice, Kananaskis, Alberta, Canada.
- Rhoades, H. M. (1981). Training Spatial Ability. In E. Klinger (Ed.), *Imagery, Volume2, Concepts, Results, and Applications* (pp. 247-256). New York: Prentice Hall.
- Richards, L. G. (1995). *Incorporating 3D Modeling and Visualization in the First Year Engineering Curriculum*. Paper presented at the 1995 ASEE/IEEE Frontiers in Education Conference, Atlanta, Georgia.
- Rodriguez, W. (1995). Principles of Design and Communication. *Engineering Design Graphics Journal*, 59(2), 12-24.
- Ross, W. A., & Aukstakalnis, S. (1993). Virtual Reality: Implications for Research in Engineering Graphics. *Engineering Design Graphics Journal*, 57(2), 5-12.
- Sorby, S. A. (1999a). *Spatial Abilities and their Relationship to Computer Aided Design Instruction*. Paper presented at the 1999 ASEE Annual Conference Proceedings Session 1438., Charlotte, NC.
- Sorby, S. A. (1999b). Developing 3-D Spatial Visualization Skills. *Engineering Design and Graphics Journal*, 63(2), 21-32.
- Sorby, S. A., Drummer, T., Hungwe, K., & Charlesworth, P. (2005). *Developing 3-D Spatial Visualization Skills for Non-Engineering Students*. Paper presented at the 2005 American Society for Engineering Education Annual Conference & Exposition, Portland, Oregon.
- Vasquez De Velasco, G., Davison, R., & Angulo, A. (2001, 29-31 August). *Design Visualization in the Teaching of Cognitive Visualization Skills: The Third-Eye Method*. Paper presented at the 19th ECAADE - Education for Computer Aided Architectural Design in Europe, Helsinki, Finland.
- Wiebe, E. N. (1993). Visualization of Three-dimensional Form: A Discussion of Theoretical Models of Internal Representation. *Engineering Design Graphics Journal*, 57(1), 18-28.
- Yokosawa, H., & Sueoka, H. (2000). *The Development of Spatial Visualisation Ability with the Use of Internet Technology*. Paper presented at the 9th International Conference on Geometry and Graphics, Johannesburg, South Africa.